

УДК 004.056.5 (045)

Луцький М.Г. (НАУ), Корченко О.Г. (НАУ),
Чепілко М.М. (ДЕТУТ), Горницька Д.А. (НАУ)**ДОСЛІДЖЕННЯ АПОСТЕРІОРНИХ МЕТОДІВ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ЕКСПЕРТА ДЛЯ
СФЕРИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ**

Розглянуто та досліджено апостеріорні методи оцінки якості експерта з метою визначення параметрів, на основі яких можна здійснювати вибір найбільш ефективного методу для підвищення об'єктивності експертиз у сфері інформаційної безпеки. Результати можуть бути використані при реалізації експертиз та для подальших досліджень інших класів методів оцінки якості експерта.

Кваліфікованість експертної групи (ЕГ) є важливою умовою для ефективної реалізації експертних оцінок (ЕО). В першу чергу це пов'язано з визначенням якості такої групи [1] та зі складністю врахування відомих властивостей якостей експертів (ЯЕ). Як відомо, визначення ЯЕ здійснюється при організації експертиз (в різних сферах) для підвищення об'єктивності їх ЕО [2,3,7]. Також слід зазначити, що достатньо складно оцінювати таку групу після початку експертизи, коли ЕГ вже сформована та надані ЕО. Після здійснення експертизи важливо знати наскільки якісними є отримані результати, тобто фактично оцінити компетентність ЕГ. При реалізації експертиз в галузі інформаційної безпеки (ІБ) ЯЕ фактично не визначається [4–6], що безумовно негативно впливає на їх об'єктивність. В роботі [8] були здійснені дослідження методів оцінки ЯЕ апіорної групи, та визначені їх переваги і недоліки. Існує низка методів призначених для апостеріорної реалізації таких оцінок [1] і важливо мати рекомендації щодо їх ефективного використання. Тому актуальною задачею при реалізації експертиз у сфері ІБ є вибір ефективних апостеріорних методів для проведення відповідної процедури оцінки. У цьому зв'язку метою даної роботи є дослідження зазначених методів оцінки ЯЕ для визначення параметрів, за якими можливо здійснювати їх вибір, для ефективної реалізації експертиз у сфері ІБ.

До класу апостеріорних методів оцінки ЯЕ відносяться дві групи – статистичні та експериментальні [1]:

1. *Статистичні оцінки* засновуються на відхиленні від середньої думки та залежать від отриманих у результаті обробки суджень експертів даних про оцінюваний об'єкт [7] і базуються на методах:

а) ранжирування оцінюваних величин ($Q_{рв}$), який заснований на припущенні, що істинним значенням ЕО є середня оцінка ЕГ. Чим менше значення відхилення індивідуальної ЕО від колективної (тобто, усередненої для всієї групи експертів), тим вище ЯЕ, що дав цю оцінку. Метод потребує значних витрат часу для здійснення всього об'єму обчислень, наприклад, у порівнянні з апіорними евристичними оцінками [8];

б) визначення числових значень оцінюваних величин ($Q_{чз}$), в основі якого лежить поняття відстані між оцінками. Цей метод не потребує значних витрат часу для своєї реалізації;

в) оцінки об'єктивності ($Q_{об}$), для яких потрібно розробляти специфічні методики оцінки об'єктивності експертів. Проте в деяких випадках для цього використовуються оцінки відхилення від середнього [1].

2. *Експериментальні оцінки* засновуються на результатах спеціальних тестувань експертів та базуються на методі відтворення результатів ($Q_{вр}$) [1, 9]: при проведенні експертизи в декілька турів надається можливість відтворення експертом своїх оцінок через деякий проміжок часу. Чим менше відхилення, тим стабільніша думка експерта та більший показник відтворення результатів. При цьому повинен бути незначним проміжок часу між повторними опитуваннями, щоб виключити можливість отримання експертом нових знань, але достатнім, щоб експерт забув ті значення, які призначав в попередніх турах. Метод

потребує додаткового часу для повторних опитувань та більше обчислень, наприклад, у порівнянні з евристичними оцінками [1], проте є більш об'єктивним.

Розглянемо кожну групу методів більш детально.

Група 1. Статистичні оцінки. Методи передбачають розглядати експерта як “вимірювальний прилад”. Однак, якщо похибку приладу визнають за еталонним приладом, то при реалізації ЕО еталонне значення, як правило, не відоме. На точність результату можуть впливати організація та методика проведення ЕО, кількість параметрів, способи визначення оцінок, характер взаємовідносин між експертами тощо [1]. Отже, на похибку ЕО впливають суб'єктивні (що залежать від експерта) та об'єктивні (що залежать від методики опитування) чинники.

Похибка, що виникає під їх впливом, має випадкову та систематичну складову. Якщо експерт приділяє надзвичайну увагу, наприклад, захищеності об'єкту оцінки від побічних електромагнітних випромінювань та наведень, то він буде завищувати коефіцієнт вагомості саме цих показників, тобто в його оцінці постійно буде присутня систематична похибка. Разом з тим, якщо для визначення коефіцієнтів вагомості провести декілька незалежних турів, то результати кожного експерта, як правило, будуть відрізнятися, що відповідає наявності випадкової похибки. Аналіз причин їх появи дозволить зменшити вплив, тобто підвищити точність оцінювання. Така похибка, як правило, залежить від психофізіологічних особливостей експерта, його зібраності, впевненості у вірності інформації, уважності тощо. При ЕО її можливо зменшити шляхом збільшення турів, проте систематична похибка при цьому залишається незмінною, оскільки залежить вже від інформованості експерта, яку можна підвищити ознайомивши його з необхідною інформацією перед початком експертизи, або організувати обговорення, в процесі якого він отримає додаткову інформацію від інших експертів. Крім того, усереднення оцінок групи дозволить підвищити точність оцінки. Таким чином, ЕО можливо представити у вигляді: $EO = EO_i \pm \Delta EO$, де EO_i і ΔEO відповідно істинне значення оцінки та її похибка, причому $\Delta EO = \pm \Delta EO_{\text{сист}} \pm \Delta EO_{\text{випад}}$, де $\Delta EO_{\text{сист}}$ і $\Delta EO_{\text{випад}}$ відповідно систематична та випадкова складова похибки. Доцільно визначати ЯЕ виходячи з похибок, при цьому систематичну – можливо оцінювати ступінню відхилення від середнього значення думки ЕГ, а випадкову – відтворенням результатів. В обох випадках для визначення оцінок потрібно статистично обробити експериментальні дані, чим і пояснюється назва цього методу.

Найчастіше ЕО надаються у вигляді ранжируваної послідовності (наприклад, за важливістю оцінюваних об'єктів) або сукупності числових значень параметрів (наприклад, коефіцієнти вагомості). Розглянемо особливості оцінки за відхиленням від середньої думки ЕГ стосовно цих двох типів ЕО.

Метод ранжирування оцінюваних величин ($Q_{\text{рв}}$) заснований на двох способах.

Спосіб 1. Метод ранжирування оцінюваних величин ($Q_{\text{рв}}$) базується на коефіцієнті конкордації та відображається наступним алгоритмом [1]:

а) кожен j -й ($j = \overline{1, N}$) експерт формує множину ранжованих об'єктів $M_j = \bigcup_{i=1}^n M_{ij}$, де M_{ij} – i -й об'єкт ($i = \overline{1, n}$) ранжований j -м експертом, n – кількість об'єктів, а N – кількість експертів;

б) підраховується сума рангів кожного i -го об'єкта $S_i = \sum_{j=1}^N a_{ij}$, де a_{ij} – ранг M_{ij} ;

в) визначається відхилення від середньої суми рангів $V_i = S_i - S_p$, де S_p середня сума рангів, що визначається виразом: $S_p = N(n+1)/2$;

г) обчислюється сума квадратів відхилень $S_{\text{кв}} = \sum_{i=1}^n V_i^2$;

д) коефіцієнт конкордації (W_N) для N експертів визначається за формулою:
 $W_N = 12S_{\kappa\delta} / (N^2(n^3 - n))$.

Оскільки $0 \leq W_N \leq 1$, то при $W_N = 0$ у N експертів повністю відсутня будь-яка узгодженість, а при $W_N = 1$ вона є повною. Якщо експерт вважає важливість певних об'єктів однаковою, то він призначає їм однакові (іноді їх називають зв'язні) ранги. При чому ранжирування відбувається таким чином, щоб сума рангів об'єктів у кожного експерта дорівнювала величині $n(n+1)/2$. При наявності зв'язаних рангів коефіцієнт конкордації обчислюється як $W_N = S_{\kappa\delta} / (N^2(n^3 - n)/12 - N \sum_{j=1}^N T_j)$, де $T_j = (\sum_{\gamma=1}^P (t_{j\gamma}^3 - t_{j\gamma})) / 12$, при чому P – число груп однакових рангів в ранжируванні j -го експерта; $t_{j\gamma}$ – число повторень однакового рангу в γ -й групі j -го експерта ($\gamma = \overline{1, P}$);

ж) аналогічним чином рахується коефіцієнт конкордації W_{N-1}^j для групи з $(N-1)$ експертів (тобто для групи, з якої виключений один j -й експерт);

з) для кожного j -го експерта обчислюється відхилення $\Delta W_N^j = W_N - W_{N-1}^j$;

к) оцінка компетентності j -го експерта $K_{ps}^j = b \Delta W_N^j$ приймається пропорційною величиною відхилення ΔW_N^j , де b – коефіцієнт пропорційності, може визначатися експертним методом.

Приклад для Q_{pv} (спосіб 1). Нехай $N=4$, $n=3$, $b=1$, а ранги a_{ij} множини об'єктів M_j зведені в лівій частині табл.1. Підрахуємо середню суму рангів $S_p = 4 \cdot (3+1)/2 = 8$ та відхилення від неї: $V_1^2 = (5-8)^2 = 9$, $V_2^2 = (10-8)^2 = 4$, $V_3^2 = (9-8)^2 = 1$. Отже, сума $S_{\kappa\delta} = 9+4+1=14$, а коефіцієнт конкордації для 4-х експертів $W_4 = 12 \cdot 14 / (16(3^3 - 3)) = 0,43$.

Аналогічним чином розраховується коефіцієнт конкордації $W_{N-1}^j = W_3^1$ для групи із $N-1=4-1=3$ експертів, з якої виключений один (1-й) експерт, а також сума рангів $S_j^i = S_1^i$, відхилення $V_j^i = V_j^1$, середня сума $S_p^j = S_p^1$ та $S_{\kappa\delta}^j = S_{\kappa\delta}^1$. Результати обчислень зведені в табл.2 на основі ранжованих експертами 3-х об'єктів, підрахованої середньої суми $S_p = 3 \cdot (3+1)/2 = 6$ та відхилення: $(V_1^1)^2 = (4-6)^2 = 4$, $(V_2^1)^2 = (7-6)^2 = 1$, $(V_3^1)^2 = (7-6)^2 = 1$. Отже, сума $S_{\kappa\delta}^1 = 4+1+1=6$, а коефіцієнт конкордації для 3-х експертів $W_3^1 = 12 \cdot 6 / (9(3^3 - 3)) = 0,33$.

Табл.1.
Значення параметрів для W_N

a_{ij}	$j=1$	$j=2$	$j=3$	$j=4$	S_i	S_p	V_i^2	W_4
$i=1$	1	1	1	2	5	8	9	0,43
$i=2$	3	2	2	3	10		4	
$i=3$	2	3	3	1	9		1	

Табл.2.
Значення параметрів для W_{N-1}

a_{ij}	$j=2$	$j=3$	$j=4$	S_i	S_p	V_i^2	W_3^1
$i=1$	1	1	2	4	6	4	0,33
$i=2$	2	2	3	7		1	
$i=3$	3	3	1	7		1	

Таким чином, для першого експерта $K_{ps}^1 = K_{ps}^1 = \Delta W_4^1 = W_4 - W_3^1 = 0,43 - 0,33 = 0,1$. Аналогічно можна реалізувати для 2-го, 3-го та 4-го експертів.

Перший спосіб є ефективним, проте на відміну від другого потребує значних витрат часу та обчислень. Розглянемо його.

Спосіб 2. Базується на використанні коефіцієнту рангової кореляції (за Спірменом) між ранжуванням експерта та середнім ранжуванням [7]:

$$R_j = 1 - (6 \sum_{i=1}^n d_i^2) / (n^3 - n), \quad (1)$$

де d_i – різниця між середнім рангом та присвоєним даним експертом i -му об'єкту при відсутності зв'язаних рангів ($i = \overline{1, n}$; n – кількість оцінюваних об'єктів). Оскільки величина R_j ($j = \overline{1, N}$; N – кількість експертів) знаходиться в інтервалі $1 \leq R_j \leq 1$, то для зручності її використання при оцінці ЯЕ величина R_j відображається на шкалі $0 \div 1$ за допомогою формули $R'_j = 1 - (3 \sum_{i=1}^n d_i^2) / (n^3 - n)$. Тоді, за десятибальною

Табл.3.
Значення параметрів для P_i

P_i	$j=1$	$j=2$	d_i^2
$i=1$	3	2	0,25
$i=2$	4	3	0,25
$i=3$	3	1	1
$i=4$	2	3	0,25

шкалою оцінка ЯЕ за відхиленням від середнього буде $K_{pv}^j = 10 R'_j$.

Приклад для Q_{pv} (спосіб 2). Припустимо, що оцінки надаються за чотирма $n=4$ параметрами ранжирування, які складають множину $P = \bigcup_{i=1}^n P_i = \{\text{Досвідченість } (i=1), \text{Об'єктивність } (i=2), \text{Діловитість } (i=3), \text{Зацікавленність } (i=4)\}$ при $N=2$. Відповідно до табл.3: $d_1^2 = ((3+2)/2 - 3)^2 = (-0,5)^2 = 0,25$, $d_2^2 = ((4+3)/2 - 4)^2 = (-0,5)^2 = 0,25$, $d_3^2 = ((3+1)/2 - 1)^2 = (1)^2 = 1$, $d_4^2 = ((2+3)/2 - 2)^2 = (0,5)^2 = 0,25$. Тоді, $\sum_{i=1}^4 d_i^2 = 0,25 + 0,25 + 1 + 0,25 = 1,75$. Отже, $K_{pv} = 10 R'_j = 10(1 - (3 * 1,75) / (4^3 - 4)) = 10 * 0,9375 = 9,125$.

Метод визначення числових значень оцінюваних величин ($Q_{чз}$) базується на наданих значеннях коефіцієнтів важливості та понятті відстані: $\rho_j = 1/2 \sum_{i=1}^n [\overline{M_i} - M_{ij}]$, де i – кількість об'єктів, що оцінюються ($i = \overline{1, n}$), j – кількість експертів ($j = \overline{1, N}$), M_{ij} – коефіцієнти вагомості, надані експертами, $\overline{M_i}$ – середнє значення коефіцієнту вагомості i -го об'єкта. Тоді $K_{чзj} = 10(1 - \rho_j)$.

Приклад для $Q_{чз}$. Припустимо, що оцінки надаються за чотирма $n=4$ параметрами ранжирування, які складають множину $L = \bigcup_{i=1}^n L_i = \{\text{Конфіденційність } (i=1), \text{Доступність } (i=2), \text{Цілісність } (i=3), \text{Контрольованість } (i=4)\}$ при $N=2$, які зведені до табл.4.

$$\begin{aligned} \text{Звідки } \overline{M_1} &= (0,4+0,35)/2 = \\ 0,325, \overline{M_2} &= (0,1+0,2)/2 = 0,15, \overline{M_3} = \\ &= (0,1+0,2)/2 = 0,225, \overline{M_4} = (0,1+0,25)/2 = 0,15. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Тоді, } \rho_1 &= 1/2 \sum_{i=1}^4 [\overline{M_i} - M_{i1}] = 1/2((0,325-0,4)+ \\ &+ (0,15-0,1) + (0,225-0,1) + (0,15-0,1)) = 0,075. \end{aligned}$$

Отже, $K_{чз(1)} = 10(1 - (0,075)) = 9,25$. Аналогічно можна розрахувати $K_{чз}$ для другого експерта.

Метод оцінки об'єктивності ($Q_{об}$). Оцінка об'єктивності експерта є важливою характеристикою його якості. Необ'єктивність експертів може привести до значних помилок. Проте поки що не існує специфічних методів її оцінки. В деяких випадках для цього

Табл.4.
Значення параметрів для L_i

L_i	$j=1$	$j=2$	$\overline{M_i}$	ρ_1
$i=1$	0,4	0,35	0,325	0,075
$i=2$	0,1	0,2	0,15	
$i=3$	0,1	0,2	0,225	
$i=4$	0,1	0,25	0,15	

використовуються оцінки відхилення від середнього. Слід зазначити, що метод не достатньо формалізований, тривалий у підготовці (потрібно розробляти анкетні дані, тестові тексти ті ін.), і хоча оцінку можливо провести достатньо швидко – його об'єктивність залежить від кваліфікованої підготовки вище згаданих даних.

Група 2. Експериментальні оцінки. Потрібно проводити випробування, під час яких оцінюються деякі психофізіологічні особливості та від яких залежить ЯЕ. Існують чисельні тестові задачі, наприклад, для професійного відбору та професійної орієнтації.

Оцінка відтворення результатів ($Q_{вр}$). Оцінка відтворення може бути визначена аналогічно оцінкам відхилення від середнього за допомогою коефіцієнта рангової кореляції (за Спірменом) між ранжируваннями двох турів, які були відтворені кожним j -м експертом: $K_{ер(j)} = 10R_j^*$, де

$$R_j^* = 1 - (3 \sum_{i=1}^n d_{ij}^2) / (n^3 - n), \quad (2)$$

причому d_{ij} – різниця між рангам, присвоєним j -м експертом ($j = \overline{1, N}$; N – кількість експертів) i -му коефіцієнту вагомості ($i = \overline{1, n}$; n – кількість оцінюваних об'єктів) в першому і другому турах опитування. Зрозуміло, що формули (1) і (2) аналогічні. Оцінку відтворення результатів доцільно використовувати при формуванні ЕГ або при 2-х турах експертизи.

Приклад для $Q_{вр}$. Припустимо, що оцінки надаються за $n=4$ параметрами ранжирування, які

складають множину $J = \bigcup_{i=1}^n J_i = \{\text{Досвідченість } (i=1), \text{ Об'єктивність } (i=2), \text{ Діловитість } (i=3), \text{ Зацікавленість } (i=4)\}$ при $j=N=1$ та зведені до табл.5. Тоді, $\sum_{i=1}^4 d_i = 1 + 1 + 2 - 1 = 3$.

Отже, $K_{ер} = R_1^* = 10(1 - (3 * 3) / (4^3 - 4)) = 10 * 0,85 = 8,5$.

Підсумовуючи, зведемо в табл.6 основні характеристики, які дають можливість ефективно обрати метод оцінки ЯЕ. Тут параметр N визначає для якої кількості експертів може бути використаний метод. Також методи класифіковані за тривалістю підготовки (Т) та реалізації (ТР), де "В" – висока, "НВ" – недостатньо висока, "Н" – низька та можливим рівнем об'єктивності результатів (РО), де "В" – високий, тобто незалежний від суб'єктивних чинників, "НВ" – недостатньо високий, "Н" – низький.

Табл.5.

Значення для параметрів J_1

J_1	1тур	2тур	d_{ij}
$i=1$	3	2	1
$i=2$	4	3	1
$i=3$	3	1	2
$i=4$	2	3	-1

В даній роботі досліджені апостеріорні методи оцінки ЯЕ та визначенні параметри, на основі яких можна здійснювати вибір найбільш ефективного методу для підвищення об'єктивності експертиз у сфері ІБ. Отримані результати можуть бути використані при реалізації експертиз та для подальших досліджень інших класів методів оцінки ЯЕ.

Табл.6.

Характеристики апостеріорних методів

Характеристики	$Q_{рв}$		$Q_{чз}$	$Q_{об}$	$Q_{вр}$
	Спосіб 1	Спосіб 2			
$N=1$	–	–	+	+	+
$N>1$	+	+	+	+	+
ТП	Н	Н	Н	В	НВ
ТР	В	Н	Н	НВ	НВ
РО	В	НВ	НВ	НВ	НВ

1. Райхман Э. Л. Экспертные методы в оценке качества товаров / Э. Л. Райхман, Г. Г. Азгальдов. – М.: Экономика, 1974. – 151 с.
2. Азгальдов Г.Г. Теория и практика оценки качества товаров (основы квалиметрии) / Гарри Гайкович Азгальдов. – М.: Экономика, 1982. – 256 с
3. Миркин Б. Г. Проблема группового выбора / Борис Григорьевич Миркин. – М.: Наука, 1974. – 256 с.
4. Герасименко В. А. Основы защиты информации / В. А. Герасименко, А. А. Малюк. – М.: МИФИ (МГТУ), 1997. – 537 с
5. Методы определения коэффициентов важности критериев / А.М. Анохин, В.А. Глотов, В.В. Павельев [и др.] // Журнал Автоматика и телемеханика. – Москва, 1997. – № 8. – С. 3–35.
6. Орлов А. И. Экспертные оценки. Учебное пособие / Александр Иванович Орлов. – М., 2002. – 31с.
7. Roberts B. Individual influence over Group decisions / B. Roberts // Southern. Economic Journal. – 1971. – Vol. 37, №4, April. – pp. 434–444.
8. Дослідження методів апріорної оцінки якості експерта для реалізації експертиз у сфері інформаційної безпеки / О.Г. Корченко, Д.А. Горніцька, Т.Р. Захарчук // Захист інформації. – Київ, 2010. – №4. – С.53 – 60.
9. Бехтерев В.М. Влияние коллектива на личность / В.М. Бехтерев, М.В. Ланге // Педология и воспитание. – М., «Работник просвещения», 1928 – 244 с.

Надійшла: 09.03.11

Рецензент: д.т.н., проф. Жуков І.А.